

解体廃木材のエンジニアードウッド化に伴う 環境負荷削減効果の検討

星野 陽介¹・村野 昭人²・鎌田 みゆき³・藤田 壮⁴

¹学生会員 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 (〒350-8585埼玉県川越市鯨井2100)
E-mail: gd0500045@toyonet.toyo.ac.jp

²正会員 博士(工学) 東洋大学 地域産業共生研究センター(同上)

³非会員 東洋大学 工学部 環境建設学科(同上)

⁴正会員 (独)国立環境研究所 環境技術評価システム研究室 (〒305-8506茨城県つくば市小野川16-2)
東洋大学 工学部環境建設学科(同上)

解体廃木材を対象として、エンジニアードウッド(EW)化技術を導入した際の環境負荷削減効果を評価する。S社が開発したEWは、建築物の解体廃木材等を原料としたチップから、住宅の主要構造材にも使用できる高強度の木質材料である。EWの製造プロセスでのCO₂排出量を算定するとともに、接着剤の種別、廃木材の循環利用ケースの環境配慮工程を加えることによる改善効果の算定を行った結果、加工残材の循環利用を含めて評価することで削減効果が大きくなることが分かった。

Key Words: *building wastes, engineered wood, material recycling*

1. 研究の背景・目的

わが国は、これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄という経済活動の結果、天然資源の枯渇や廃棄物の増加などの環境問題が深刻化している。その中で、建設産業は国全体の資源利用の約40%を資材として消費しており、その廃棄物は産業廃棄物全体の排出量の約20%、最終処分量の約30%を占めている。建設廃棄物の削減とともに、産業プロセスからの温室効果ガスの発生を抑制するためにも、廃棄物の発生抑制(Reduce)、製品等の再使用(Reuse)、建設廃棄物の再資源化(Recycle)の3Rを促進することによる循環型社会システムの構築が喫緊の課題となっている。なかでも建設リサイクル法でも対象資材となる木材については、その廃棄物としての処理には社会的費用が大きいことと、その再資源化利用によるリサイクル材としての活用する上での潜在的な社会的価値も大きいことから、資源として再利用するため、環境と経済が両立する技術開発が重要となる¹⁾。

2. 解体廃木材の循環利用の現状

木材チップの原料は、製材加工時の加工残材、間伐材・未利用材、解体廃木材等があげられる。建設リサイクル法の施行により、木材チップの縮減を除く再資源化率は、平成12年度実績の38%から平成14年度実績では

61%まで向上している²⁾。木材チップの用途としては、パーティクルボード・製紙用・堆肥・敷料などのマテリアルリサイクルが約60%、燃料利用のサーマルリサイクルが約40%となっている。建設副産物リサイクル広報推進会議では、建設発生木材の再資源化率を向上させるために、木材チップを原料ごとに分類した利用促進基準を定めている³⁾。各チップにおいて、共通して阻害要因となっているのは、CCA含有物等の処理・金属等の異物除去・ペンキの付着である。解体廃木材の再資源化率を向上させるためには、手解体などを通じた廃木材の分別が求められる。しかし、分別を徹底するためには多くのコストがかかり、再資源化における経済的な阻害要因となっている。従って、分別の容易性を考慮した建築物の設計を行い、廃木材の循環利用システムを構築することが求められる。

解体廃木材は、その再資源化の過程において、資源として徐々に劣化する。木材の炭素貯留効果を最大限に活用するためには、リユース・マテリアルリサイクル・サーマルリサイクルといった多段階の再資源化技術を組み合わせたカスケードリサイクルを行うことが求められる。しかし、現在、解体廃木材の再資源化用途の多くは、木くずボイラーの原料としてのサーマルリサイクル等になっている。1m³あたりの価格で比較した場合には、主に建築物の造作材として利用される集成材は、パーティクルボードやA重油と比較して高い価格で流通してい

る⁴⁾。そこで、より価格の高い製品を製造する再資源化技術の開発が求められており、構造材などとして利用の拡大が見込まれるエンジニアードウッド(EW)に着目する。

3. エンジニアードウッドの技術調査

(1) エンジニアードウッドの概要

近年、様々な再資源化が促進され廃木材の再資源化率は増加傾向にあり、木材チップの生産量は増加している。さらに、木材チップの需要・用途拡大に向けて、木質系再生建材の技術開発が進められている。S社製のEW(図-1)は、建築物の解体廃木材等を原料としたチップから、住宅の主要構造材にも使用できる高強度の木質材料であり、付加価値の高い循環利用が可能である。EWは密度・形状の異なるチップから製造可能であり、パーティクルボードなどの建材と比較しても高密度・高強度という特徴がある(表-1)。長尺・大断面で製造することも可能であり、様々な用途での利用が見込まれている。さらに、EWとして使用後も、破碎して再びマテリアルリサイクルすることが可能であり、カスケードリサイクルを実現する上で重要な役割を果たす技術の一つとして期待される。

(2) エンジニアードウッドの製造プロセス

EWの製造プロセス(図-2)におけるCO₂排出量を算出するために、パイロットプラントや製造工場を対象として、工程ごとのチップ投入量、エネルギー使用量、接着剤使用量等の調査を行い、その技術緒元を明らかにする。

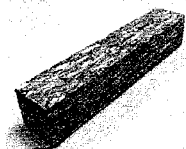


図-1 エンジニアードウッド

表-1 エンジニアードウッドの性能⁵⁾

	EW	パーティクルボード	ランバー
密度(g/cm ³)	0.75	0.5~0.7	0.45
曲げ基準強度(Mpa)	23.5	18	21.6
曲げ弾性率(Gpa)	9	3	9.6
吸湿長さ変化率(%)	0.017	0.038	0.01
吸湿曲がり変化(mm)	0	-	0~4
製品厚み(mm)	20~120	9~40	-

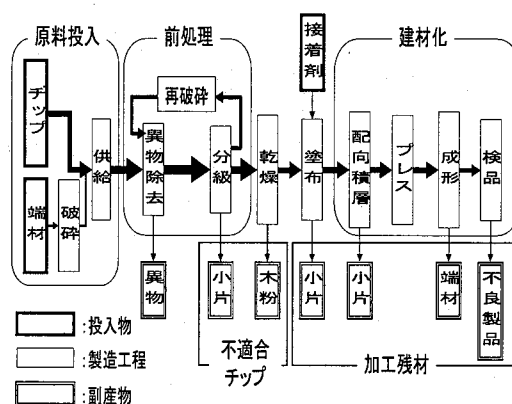


図-2 エンジニアードウッドの製造プロセス

a) 原料投入工程

製造工場では、解体廃木材等を原料として中間処理場で製造されたチップと、製材所などで発生する加工残材や間伐材等の端材を受け入れて自社内破碎したチップの2種類を原料として投入している。中間処理場からチップを受け入れる際には、チップの品質や不純物の含有率の基準を設けているため、製造時の歩留りが極端に下がることはない。さらにEWはチップの大きさ・繊維を生かして強度を持たせるため、比較的大きなチップでも製造可能である。その特色を活かし、端材を自社内破碎したチップを投入することで、破碎に伴うエネルギーが必要となるが、製造時の歩留りを向上させることができる。

b) 前処理工程

混入している異物を除去するとともに、製造可能なチップ規格のみを選別し、大きすぎるチップは再破碎することで、歩留りを高めている。原料として投入されるチップの種類によって再破碎が必要なチップの割合はほぼ一定となる。

c) 乾燥工程

チップを乾燥させる際には、熱が多く必要であることから、全工程の中でもエネルギー使用量が多く、また製造時間が長くなっている。

d) 塗布工程

使用する接着剤の種類や投入割合を変化させることで、製品の強度を操作し、用途に応じた製品を製造することが可能となっている。集成材などに使われる接着剤は日本農林規格(JAS規格)で、使用環境や用途に応じて環境性能が定められている。さらに、建築基準法のホルムアルデヒド規制において、接着剤からのホルムアルデヒドの放散量が規定されており、近年では環境に配慮した接着剤を使用することが、社会的要請になっている。

そこで製造工場では、ホルムアルデヒドを原料としていないイソシアネート（MDI）系接着剤、およびアカシアの樹木に含まれる成分のタンニンを用いた天然系接着剤を使用している。特に天然系接着剤は、化学物質の放散量が格段に少なく、EW の使用に際して安全面が確保されることから、積極的に利用されている。

e) 建材化工程

配向積層では、プレス板の上に接着剤が塗布されたチップを同方向に並べて積み上げる。その後プレスにおいて、約 1/4 の厚さに圧縮する。圧縮強度を操作することによって、EW の強度を変えることが可能である。このプレスのために、EW は比重が約 0.75 と新規製材に比べて重くなっている。成形では、構造材・造作材といった用途に合わせて、プレスされた原板を切断している。

4. エンジニアードウッド製造に伴う CO₂排出量の算出

(1) 製造プロセスにおける CO₂排出量の算出

EW の製造プロセスにおける CO₂ 排出量を、EW 製造に伴う各工程、および加工残材の循環利用を対象として算出する。原料の輸送や廃棄等の処分に伴う CO₂ 排出量は算出対象外とする。各工程でのチップ投入量を工場における歩留りの設計値に基づいて算出し、各工程での電力、重油、接着剤使用量に、CO₂ 排出量原単位を乗じて CO₂ 排出量を算出する。算出に用いた原単位および設定値を表-2 に示す。

(2) 製造プロセスの変更における設定

現状における EW 製造に伴う CO₂ 排出量を算出した結果、重油の燃焼に伴う CO₂ 排出量が約 50% を占め、また接着剤の製造に伴う CO₂ 排出量が無視できない量となった。そこで、以下の様に、EW の製造プロセスの変更を検討し、CO₂ 排出量の削減効果を評価するケースを設定した（表-3）。

a) 天然系接着剤の使用

塗布工程で使用する接着剤として、タンニンを含む天然系接着剤を使用する。天然系接着剤製造に伴う CO₂ 排出量原単位は、ヒアリング調査により MDI の 1/5 と設定する。

b) 不適合チップ・加工残材の循環利用

EW の製造プロセスでは、分級・乾燥工程において不適合チップ、塗布・建材化工程において加工残材が多く発生し、その有効利用を図ることが求められる。そこで、不適合チップと加工残材を木くずボイラーに投入して熱の循環利用を行う。それに伴い重油の使用量が削減され

表-2 算出に用いた原単位および設定

算出項目	値	単位
電力CO ₂ 排出量原単位 ⁶⁾	0.473	kg-CO ₂ /kWh
重油CO ₂ 排出量原単位 ⁶⁾	2770	kg-CO ₂ /kL
木くずの発熱量 あたりCO ₂ 排出量 ⁶⁾	3.22	t-CO ₂ /10 ⁷ kcal
接着剤の製造に伴うCO ₂ 排出量原単位(MDI) ⁷⁾	1680	kg-CO ₂ /t
製材品CO ₂ 排出量原単位 ⁸⁾	109	kg-CO ₂ /t
木くずボイラーの燃焼効率 ⁹⁾	70	%
重油ボイラーの燃焼効率 ¹⁰⁾	90	

表-3 製造プロセスの変更のケース設定

	a)天然系接着剤 の使用	b)加工残材 の循環利用
ケース0		
ケース1	○	
ケース2	○	○

ると仮定し、重油代替による CO₂ 排出削減量を算出する。木くずをボイラーに投入する際には、乾燥処理してから投入するとして、そのエネルギー使用に伴う CO₂ 排出量を重油代替による CO₂ 排出削減量から差し引いた。

(3) 製造プロセスの変更による CO₂ 排出量削減効果の算出

前節の設定に基づき、EW の製造プロセスにおける廃木材 1t あたりの CO₂ 排出量を工程別に算出した結果を図-3 に示す。ケース 0 の現状における製造プロセスの CO₂ 排出量の内訳は、乾燥工程が約 30%、塗布工程が約 25%、建材化工程が約 40% となり、原料投入・前処理工程での CO₂ 排出量は、わずかであった。ケース 1 の天然系接着剤への転換による CO₂ 排出量の削減効果は大きく、ケース 0 と比較して約 20% 削減となった。

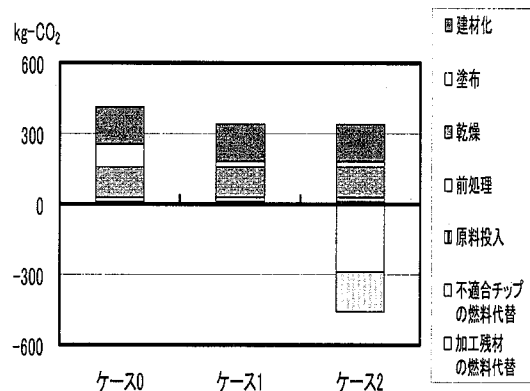


図-3 製造プロセスの変更による CO₂ 排出量

ケース2では、不適合チップおよび加工残材すべてを重油の燃料代替として利用することで、製造プロセスにおけるCO₂排出量より多くの削減効果が見込めた。ただし、この効果には木材起源のCO₂排出が含まれており、カーボンニュートラルの概念を適用する場合には、その分を除外して評価する必要がある。

5. 結論

本研究では、解体廃木材等のチップを原料としたEWの技術緒元を明らかにし、その製造プロセスにおけるCO₂排出量を算出した。さらに、廃木材をEW化する際の接着剤の種別、加工残材の循環利用の変更によるケースを設定しCO₂排出量を比較した。製造で使用する接着剤は、CO₂排出量だけでなく、様々な化学物質の環境影響を考慮し、天然系接着剤の使用による効果を分析する必要がある。さらに接着剤の投入量や種別によって、EWの強度を操作することも可能であるため、用途に適した製造の際のCO₂排出量を評価することが求められる。

さらにEW化は、製品として使用後に破碎し、再びEW化したり、プラスチック製品の原料として利用したりすることが可能であるという優れた特色を持つ。その特色を生かした循環利用の効果を把握するために、複数サイクルを対象とした環境負荷削減効果を把握することが求められる。

また、木造建築物や加工残材、間伐材といった原料チップとなる廃木材の発生分布をデータベース化することにより、廃木材の再資源化製品の需給バランスを考慮した木質資源の循環システムを提案することが今後の課題としてあげられる。

謝辞：本研究は、文部科学省・私立大学学術研究高度化推進事業「東洋大学地域産業共生研究センター」（平成16年度～平成20年度、研究代表：藤田壮）および同省科学研究費補助金 若手研究（B）（研究代表者：村野昭人）の一部として行われた。また、EWの調査において積水化学工業(株) 環境・ライフラインカンパニーには多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 石川禎昭：循環型社会づくりの関係法令はやわかり、オーム社、2002
- 2) 国土交通省 総合政策局：平成14年度建設副産物実態調査、2002
- 3) 建設副産物リサイクル広報推進会議、
<http://www.suishinkaigi.jp/>
- 4) (財)建設物価調査会：建設物価、2006
- 5) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：Focus NEDO, Vol.4, No.16, 2004
- 6) 南齋規介，森口祐一，東野達：産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）-LCAのインベントリデータとして-，（独）国立環境研究所 地球環境センター，2002
- 7) 橋本征二，小原卓巳，寺島泰：解体木くずリサイクルの環境面からの評価，土木学会論文集 No.643/VII-14, pp37-48, 2000
- 8) 井村秀文：建設のLCA，オーム社，2001
- 9) (社)日本産業機械工業会 高性能ボイラー開発推進センター，<http://www.jsim.or.jp/>
- 10) NEDO：バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業，2006

EVALUATION OF REDUCTION IN ENVIRONMENTAL BURDENS BY MANUFACTURING ENGINEERED WOOD FROM BUILDING WASTES

Yosuke HOSHINO, Akito MURANO, Miyuki KAMATA and Tsuyoshi FUJITA

The effects of reducing CO₂ emission through manufacturing process of the engineered wood from building wastes are evaluated. Innovative engineered wood technology which has enough strength to be used as the main structure materials like such as the pillars and the beams in residential buildings is contemplated. First, the yields and the energy consumption in the manufacturing process are investigated through on-site plant survey. Secondly, CO₂ emissions are evaluated according to manufacturing the engineered wood. Thirdly, the effects of improving the manufacturing process such as the use of the environmental-friendly adhesive and the thermal recycling of noncompliant chip and processing residue are identified.